

舞鶴工業高等専門学校 学生員○出野幸一  
 舞鶴工業高等専門学校 正会員 三輪 浩  
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一

**1. まえがき** 由良川では、河川からの土砂供給と海岸波浪の影響により河口砂州が発達している。とくに、平成16年9月の台風23号以降は、それまで両河岸から発達していた砂州が右岸側のみとなり、開口部が左岸側に移動している(図-1)。これにより、河川流が左岸側に偏奇し、河岸侵食の進行による護岸流失や隣接する海岸施設にも影響を及ぼすなど、河川防災上の問題が生じている。また、種々の流量条件に対する砂州地形の挙動が不明で、河口閉塞による異常な水位上昇にも影響を及ぼすことが懸念されている。本文では、由良川河口砂州の動態解明とその制御法を検討するための一環として、河口砂州の定期観測結果から、河川流量や冬季波浪との関連において経年的特性を抽出して河口砂州の動態を把握する。また、平面二次元河床変動計算によって、流量規模と砂州の侵食規模の関係を検討する。



図-1 由良川河口砂州 (2010年7月)

**2. 由良川河口砂州の動態特性** 砂州形状の経年変化を把握するために、GPSを用いた地形測量を行った。図-2に2010年5月から2012年2月までの河口砂州の面積変化を示す。全体としては、2011年1月から3月に砂州面積は増加しており、2011年5月から9月に減少していることがわかる。図-3は2010年5月から2012年2月までの福知山での流量変化<sup>1)</sup>である。砂州面積が減少した5月から9月に大きな出水が3回あり、これによって砂州が侵食されたことがわかる。図-4に2010年5月から2012年1月までの経ヶ岬における有義波高の変化<sup>2)</sup>を示す。砂州面積が増加した冬季は有義波高も増加傾向にあることがわかる。砂州の形状変化をより詳細に把握するため、図-5に示すように、GPSで測量した砂州形状に対して基準線X、Yを設け、その基準線から川側および海側の砂州の最も突出している地点までの距離をTx、Lyとし、これらを砂州の特性長とした。これにより、河川流と潮流による砂州変形の傾向を見ることができると考えた。図-2より、Txは冬季に川側に伸び、Lyは夏季に海側に伸びる傾向があることがわかる。

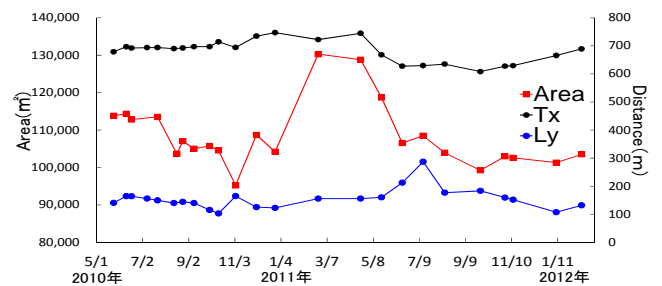


図-2 砂州面積と砂州特性長

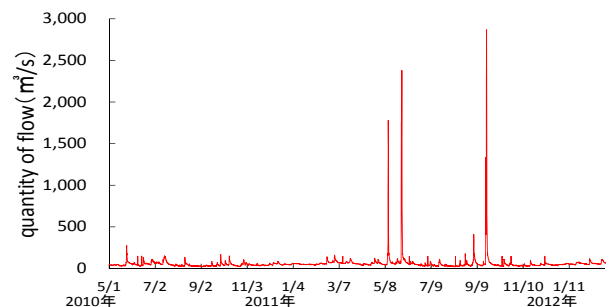


図-3 年間推定流量 (福知山)

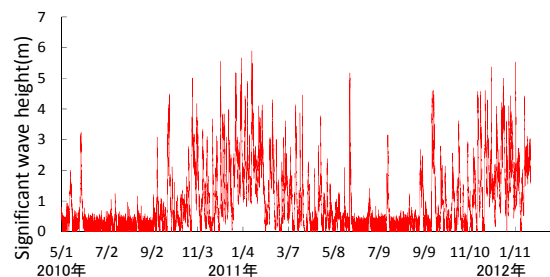


図-4 経ヶ岬有義波高

これは、夏季の出水によって砂州の西側側岸部が削られて砂州は海側に伸びる一方、冬季の波浪によって漂砂が活発になり、海側側岸部から西側側岸部に砂が運ばれるためであると考えられる。

**3. 河口砂州周辺の地形特性と流れ特性** 図-6に平水時のADCP測量（2011年11月）によって得られた河口砂州周辺の地形と流速ベクトルを示す。開口部および砂州の上流部右岸にかけて、水深6mを超える深掘れ流路が蛇行状に発達していることがわかる。中小洪水程度ではこのような蛇行流路の変動を見込むことは困難であると推察される。また、主流速もこの地形に沿ったものとなっており、開口部では水深が深く比較的速い流れとなっていることがわかる。

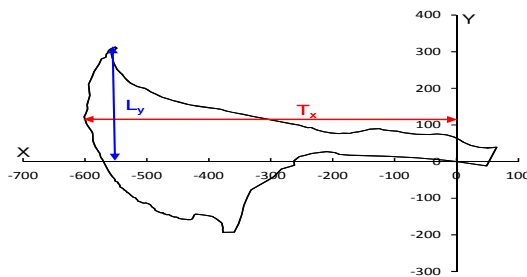


図-5 砂州特性長

**4. 数値計算** 河床変動計算にはNays2D (iRICプロジェクト<sup>3)</sup>)を使用した。流れの基礎式は平面2次元流れの連続式と運動方程式であり、一般曲線座標系が用いられている。また、掃流砂量式は主流方向に芦田・道上式、主流と直角方向は長谷川の式である。さらに、浮遊砂の浮上量式はItakura & Kishiの式である。計算領域は河口部から上流3.0Km, 下流0.6Kmの区間とし、横断方向に25分割、縦断方向に150分割 (3.0~2.0@50m, 2.0~-0.6@20m) とした。計算では移流項はCIP法、乱流場はゼロ方程式モデルを用いた。なお、河床砂は平均粒径1mmの一様砂として扱った。

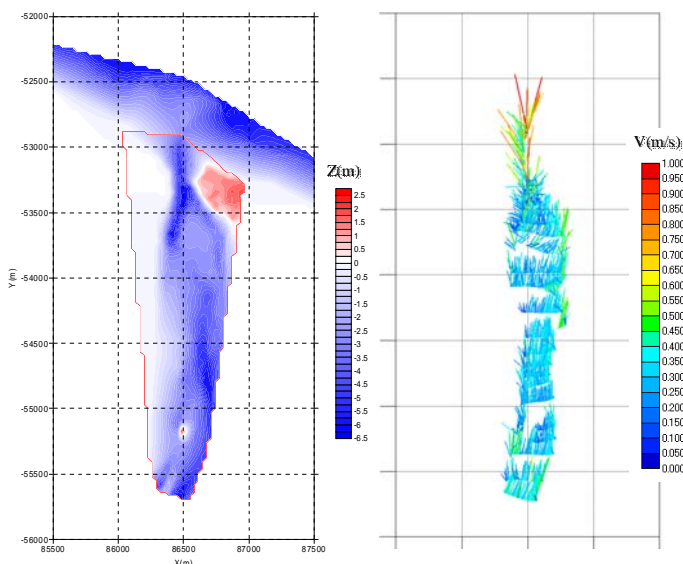


図-6 砂州周辺の地形と流速ベクトル

**5. 河口砂州の侵食規模と流量規模** 河床変動計算は、数値計算で示した条件の基で、上流端から一定流量 ( $Q_w=1000\text{m}^3/\text{s}$ ,  $2000\text{m}^3/\text{s}$ ,  $2500\text{m}^3/\text{s}$ および $3500\text{m}^3/\text{s}$ )を3時間通水し、流量規模と砂州の侵食規模との関係を調べた。図-7に流量規模と砂州面積の時間的変化を示す。 $Q_w=1000\text{m}^3/\text{s}$ 程度では砂州面積に変化は認められないが、 $Q_w=2500\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると面積は顕著に減少することがわかる。なお、 $Q_w=2000\text{m}^3/\text{s}$ で砂州面積が増加しているのは、出水の一部が砂州に乗り上げ、土砂を海側に運ぶことによって砂州が海側に伸びるためである。図示していないが、侵食特性として、砂州の先端部から順次侵食することが分かった。右岸側に張り出した河口砂州が侵食・減衰するためには、大流量の出水が長時間継続することが必要であると推察される。

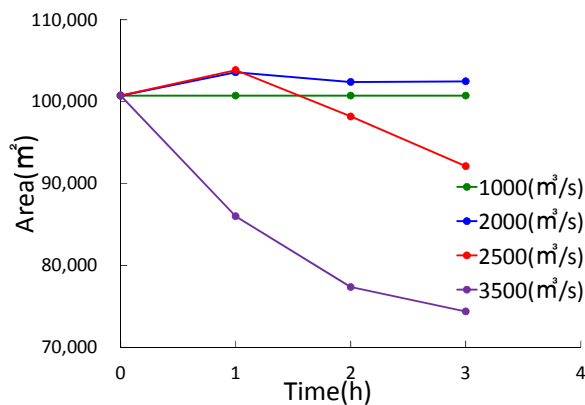


図-7 流量規模と面積変化

**6. あとがき** 由良川の河口砂州は冬季波浪による砂州面積の増加と出水による砂州面積の減少に特徴づけられ、これらが開口幅に影響を与えていることがわかった。また、河床変動計算によって砂州の侵食規模と流量の関係が示された。今後も砂州形状の変化を追跡するとともに、数値解析の精度を向上させ、河口砂州を制御する方策の検討につなげる予定である。最後に、本研究の一部は国土交通省平成23年度河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野(河川) (研究代表者 神田圭一) の補助を受けて実施された。記して謝意を表します。

**参考文献** 1) 国土交通省：水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>, 2) 気象庁：波浪観測記録, <http://www.jma.go.jp/wave/>, 3) 一般財団法人北海道河川財団：iRICproject, <http://i-ric.org/ja/>,